

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VỊ TRÍ VÁCH CỨNG ĐẾN BIẾN DẠNG XOẮN VÀ CHUYỂN VỊ TRONG NHÀ CAO TẦNG CHỊU TẢI TRỌNG NGANG

RESEARCH ON INFLUENCES OF SHEAR WALLS LOCATION TO TORSION AND DISPLACEMENT OF HIGH-RISE BUILDINGS UNDER TRANSVERSE LOADING

BÙI THIÊN LAM

*Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng*

## TÓM TẮT

Đề tài phân tích đánh giá sự tương tác giữa khung và vách cứng trong hệ kết cấu khung-vách nhà cao tầng. Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết tính toán của các tác giả trong và ngoài nước, sử dụng phần mềm Sap 2000 để khảo sát, đề xuất giải pháp bố trí vách cứng trên mặt bằng, đảm bảo hạn chế ảnh hưởng của hiện tượng xoắn đến chuyển vị trong nhà cao tầng.

## ABSTRACT

This paper presents a research on analyses and estimations of the interaction which exists between shear walls and frames in high-rise buildings. Based on research theory of many authors in country and from abroad as well as using Sap 2000 software to study, we propose the solution of locating shear walls in the plane in order to reduce the effect of torsion on displacement of buildings.

## 1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, nhà cao tầng xuất hiện do sự gia tăng dân số thành thị, thiếu đất xây dựng và giá đất cao. Việc xây dựng nhà cao tầng hàng loạt phản ánh quan điểm của các nhà thiết kế khi giải quyết các bài toán qui hoạch, xây dựng đô thị [4].

Nhà cao tầng được xây dựng với các loại hệ kết cấu khác nhau: hệ khung, hệ vách, hệ lõi, hệ hỗn hợp. Việc lựa chọn hệ kết cấu hợp lý cho từng công trình sẽ mang lại ý nghĩa lớn về mặt kinh tế cũng như sử dụng. Hệ kết cấu khung-vách được dùng khá phổ biến để chống lại tải trọng ngang, đã được sử dụng cho những ngôi nhà 10 tầng đến những ngôi nhà cao 50 tầng [1].

Thiết kế nhà cao tầng, đặc biệt quan tâm đến việc hạn chế chuyển vị ngang, chuyển vị xoay, hạn chế dao động và đảm bảo ổn định tổng thể của công trình khi chịu tải trọng ngang. Đối với nhà có mặt bằng đối xứng, tâm cứng trùng với tâm khối lượng thì hiện tượng xoắn ảnh hưởng không lớn. Nhưng với những nhà dài và nhà có tâm cứng, tâm khối lượng không trùng nhau thì hiện tượng xoắn ảnh hưởng lớn đến sự làm việc, đến chất lượng sử dụng của nhà. Một trong những yếu tố ảnh hưởng là sự tham gia làm việc của vách cứng. Vì vậy việc nghiên cứu bố trí vách cứng trên mặt bằng, hạn chế ảnh hưởng của biến dạng xoắn, chuyển vị thẳng trong nhà cao tầng là một vấn đề rất cần thiết trong thực tiễn xây dựng hiện nay.

## 2. TỔNG QUAN VỀ CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

- Theo B.B Khansi: Khi ngôi nhà đã bị uốn dưới tác động của tải trọng thẳng đứng, nội lực và biến dạng của ngôi nhà sẽ tăng lên. Nếu trọng lượng của ngôi nhà lớn và độ cứng của ngôi nhà không đủ thì biến dạng sẽ tăng nhanh và dẫn tới mất ổn định tổng thể của ngôi nhà. Trọng lượng có thể gây ra mất ổn định tổng thể gọi là trọng lượng cực hạn ( $G_{kp}$ ). Trọng lượng cực hạn phụ thuộc vào vị trí tâm uốn và tâm hình học. Nếu các tâm này không trùng nhau nhà sẽ bị mất ổn định theo dạng uốn xoắn [3].

- Dưới tác dụng của tải trọng ngang trực thẳng đứng ngôi nhà bị uốn cong: ngôi nhà chuyển vị theo phương ngang, chuyển vị này gọi là độ võng. Tại những điểm khác nhau trên từng mặt cắt ngang ngôi nhà sẽ có những độ võng khác nhau. B.B Khansi đã phân tích các kết quả tính toán cho thấy ảnh hưởng của xoắn tới chuyển vị ngang là đáng kể [3].

- Khi phân tích hiện tượng xoắn, St.Venant đã đưa ra công thức xoắn cho những cấu kiện có mặt cắt kín và đã đề cập đến ảnh hưởng của vị trí tâm cắt đến hiện tượng xoắn. Sau đó một lý thuyết chung về cong xoắn được phát triển bởi Vlasov. Ở đây tác giả đã đưa ra phương trình xác định góc xoay lớn nhất ở đỉnh có kể đến ảnh hưởng của moment xoắn phân bố đều [4].

- Khi nghiên cứu sự làm việc đồng thời giữa lõi cứng và sàn tác giả Nguyễn Văn Hùng [2] đã chỉ ra rằng sự làm việc đồng thời này thì độ cứng tổng thể của công trình được tăng lên, chuyển vị xoay của công trình giảm đáng kể.

Việc xét đến sự phân bố vách cứng trên mặt bằng ảnh hưởng đến dao động xoắn, mối quan hệ giữa chuyển vị xoay và chuyển vị thẳng còn chưa được đầy đủ. Trên cơ sở đó, đề tài tiếp tục nghiên cứu sự tương tác khung vách, nghiên cứu ảnh hưởng của việc bố trí vách cứng trong nhà cao tầng.

## 3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

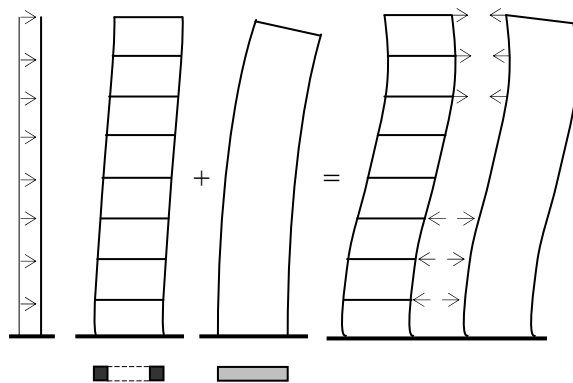
### 3.1. Sự làm việc của hệ kết cấu khung –vách cứng

Hệ kết cấu khung-vách được tạo ra bằng sự kết hợp hệ thống khung và hệ vách cứng. Thường trong hệ kết cấu này hệ thống vách đóng vai trò chủ yếu chịu tải trọng ngang, hệ khung chủ yếu được thiết kế để chịu tải trọng thẳng đứng trong phạm vi truyền tải.

Mô hình cổ điển của sự tương tác giữa vách chịu cắt hình lăng trụ và khung chịu moment được thể hiện trong hình 3.1 [5].

Từ đó có thể nhận thấy rằng: Biến dạng của khung chủ yếu là biến dạng cắt. Biến dạng của vách chịu cắt là biến dạng uốn. Sự kết hợp biến dạng ngang sản sinh ra sự tương tác giữa hai thành phần.

Sự rung lắc tuyến tính của khung kết hợp với đường biến dạng parabolic của vách làm độ cứng gia tăng. Bởi vì vách bị ngăn cản bởi khung ở những tầng bên trên trong khi ở những tầng bên dưới khung chịu cắt bị ngăn cản bởi vách.



Hình 3.1. Sự tương tác khung- vách [5]

Nhưng sự tương tác đơn giản như hình vẽ trên chỉ đúng nếu:

- + Vách và khung có độ cứng không đổi dọc theo chiều cao.
- + Nếu độ cứng thay đổi, quan hệ độ cứng của vách và khung vẫn không bị thay đổi theo chiều cao.

### 3.2. Xác định vị trí tâm uốn và độ cứng chống xoắn của công trình

Xét công trình có mặt bằng như hình 3.2 [3], trong đó các trục chính của các tường cứng song song với các trục nhà:

Tâm cứng (hay tâm uốn, tâm xoay) của công trình là điểm mà hợp lực của tải trọng ngang đi qua đó chỉ gây cho công trình các chuyển vị thẳng, còn chuyển vị xoay bằng không ( $\theta=0$ ) [3].

Toạ độ tâm cứng được xác định như sau:

$$x_{TC} = \frac{\sum \lambda_{xi} \cdot EJ_{xi}}{\sum EJ_{xi}}, y_{TC} = \frac{\sum \lambda_{yi} \cdot EJ_{yi}}{\sum EJ_{yi}} \quad (1)$$

Độ cứng chống xoắn của ngôi nhà:

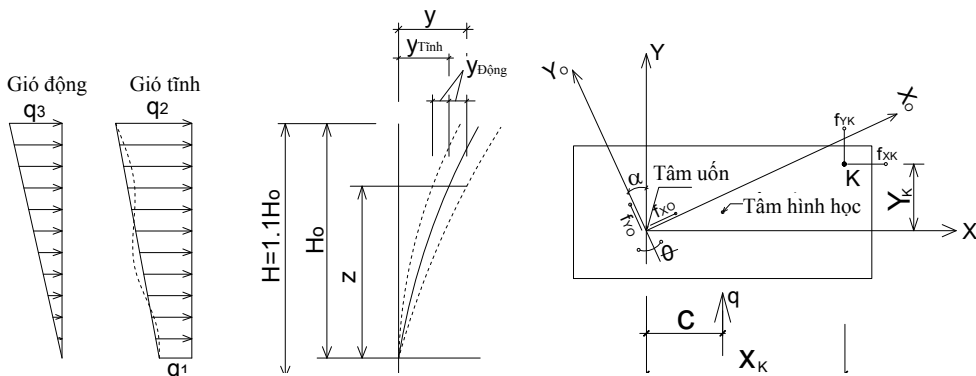
$$B_{\omega} = \sum (r_{xi}^2 \cdot EJ_{xi} + r_{yi}^2 \cdot EJ_{yi}) \quad (2)$$

$r_i$ - khoảng cách từ vách cứng thứ  $i$  đến tâm cứng

$$r_{xi} = \lambda_{xi} - x_{TC}, \quad r_{yi} = \lambda_{yi} - y_{TC} \quad (3)$$

### 3.3. Chuyển vị thẳng của ngôi nhà khi tâm cứng và tâm khối lượng không trùng nhau. Phân tích ảnh hưởng của hiện tượng xoắn đến chuyển vị thẳng

Xét ngôi nhà chịu tác dụng của tải trọng gió [3]:



Hình 3.3. Sơ đồ phân tích chuyển vị

Dưới tác dụng của tải trọng ngang, chuyển vị lớn nhất tại điểm bất kì sẽ là [3]:

$$y = y_{tĩnh} + y_{động} \quad (4)$$

Trong đó:

$y_{\text{tĩnh}}$ - chuyển vị ngang do gió tĩnh.

$y_{\text{động}}$ - biên độ dao động của ngôi nhà do tác động của gió động gây ra.

Với mô hình tính toán là console một đầu ngàm vào móng, tại độ cao  $z$  ta có [1]:

$$y_{\text{tĩnh}} = \frac{H_o^4 \eta_j}{B_j} (q_1^{tch} k_1 + q_2^{tch} k_2) \quad (5) \quad y_{\text{động}} = \frac{H_o^4 \eta_j}{B_j} (q_3^{tch} k_2) \quad (6)$$

Trong đó: -  $B_j$ -độ cứng ngôi nhà ( $B_x, B_y$ ) tính theo các trục thẳng góc với các hướng gió.

-  $\eta_j$ -các hệ số  $\eta_x, \eta_y$  xác định theo các công thức:

$$\eta_x = \frac{1}{1 - \frac{G^{tch}}{1.85G_x}}; \eta_y = \frac{1}{1 - \frac{G^{tch}}{1.85G_y}} \quad (7).$$

-  $G_x, G_y$ -Trọng lượng cực hạn ngôi nhà theo phương X, Y.

-  $G^{tch}$ -Trọng lượng tiêu chuẩn ngôi nhà

-  $k=f(z)$  xác định theo công thức [1]:

$$k_1 = (0,012 + 0,23u + u^2 - u^3 + 0,5u^4 - 0,1u^5) \quad (8)$$

$$k_2 = (0,022 + 0,43u + 2u^2 - u^3 + 0,1u^5) \quad (9)$$

$$\text{Với:} \quad u = z/H_o \quad (10)$$

Xác định chuyển vị tâm uốn ngôi nhà theo các trục chính:  $f_{x_o}, f_{y_o}$  và góc xoay  $\theta$ :

$$f_{x_o} = \frac{H_o^4 \eta_{y_o}}{B_{y_o}} (q_1^{tch} k_1 + q_2^{tch} k_2 + q_3^{tch} k_2) \sin \alpha \quad (11)$$

$$f_{y_o} = \frac{H_o^4 \eta_{x_o}}{B_{x_o}} (q_1^{tch} k_1 + q_2^{tch} k_2 + q_3^{tch} k_2) \cos \alpha \quad (12)$$

$$\theta = \frac{H_o^4 \eta_{\omega}}{B_{\omega}} (q_1^{tch} k_1 + q_2^{tch} k_2 + q_3^{tch} k_2) c \quad (13)$$

Trong đó:  $B_{\omega}$ -độ cứng chống xoắn của ngôi nhà xác định theo công thức (2)

- Xác định hình chiếu của các chuyển vị lên trục X, Y :

$$f_{Xk} = f_{X_o} \cos \alpha - f_{Y_o} \sin \alpha - \theta Y_k \quad (14)$$

$$f_{Yk} = f_{X_o} \sin \alpha + f_{Y_o} \cos \alpha + \theta X_k \quad (15)$$

- Chuyển vị toàn phần của điểm K:  $f_K = \sqrt{f_{Xk}^2 + f_{Yk}^2} \quad (16)$

Theo công thức (13): khi tải trọng không đổi:  $\theta = f(\frac{c}{B_{\omega}})$ . Do đó để hạn chế ảnh

hưởng của xoắn thì phải bố trí vách cứng sao cho khoảng cách tâm uốn và tâm hình học là nhỏ nhất và đảm bảo độ cứng chống xoắn cho công trình tăng.

Từ công thức (14),(15),(16) ta nhận thấy rằng ảnh hưởng của xoắn làm thay đổi chuyển vị ngang của ngôi nhà. Để đánh giá sự thay đổi đó ta đưa ra đại lượng :

$$\Delta = \frac{f_K - f_o}{f_o} . 100\% \quad (17)$$

- Giá trị của  $\Delta$  thay đổi tùy thuộc vào góc xoay, tức phụ thuộc vào khoảng cách từ tâm uốn đến tâm khối lượng ngôi nhà (vị trí đặt hợp lực gió) và độ cứng chống xoắn của ngôi nhà.

- Khi tâm cứng trùng với tâm khối lượng thì  $\Delta=0$  (do  $c=0$ ). Lúc này hiện tượng xoắn ảnh hưởng không đáng kể, có thể xem như chuyển vị thẳng của mọi điểm trên mặt bằng như nhau và bằng chuyển vị thẳng của tâm uốn:

$$F_X = f_{X0} \cos \alpha - f_{Y0} \sin \alpha; \quad f_Y = f_{X0} \sin \alpha + f_{Y0} \cos \alpha \quad (18)$$

- Chuyển vị toàn phần của tâm uốn:  $f_O = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} \quad (19)$

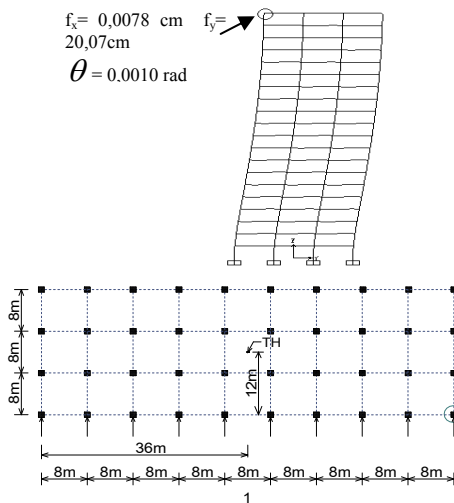
### 3.4. KHẢO SÁT HIỆN TƯỢNG XOẮN ĐẾN CHUYỂN VỊ CÔNG TRÌNH BẰNG PHẦN MỀM SAP 2000

#### 3.4.1. Các số liệu ban đầu

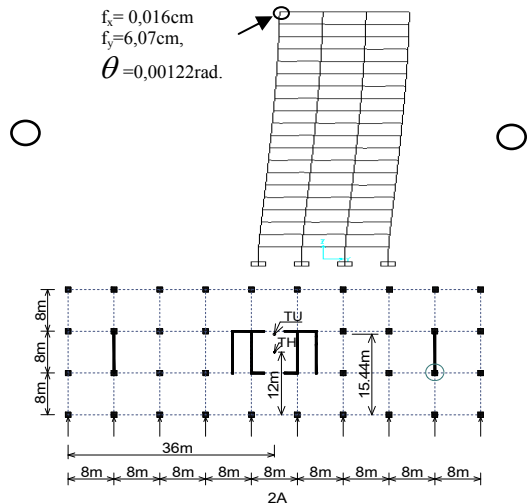
Phân tích mô hình tính toán công trình 20 tầng, chịu tác dụng của tải trọng gió theo phương ngang nhà. Chiều cao tầng:  $h=3,3\text{m}$ . Kích thước cột:  $90 \times 90\text{cm}$ , kích thước dầm:  $30 \times 60\text{cm}$ , bề dày vách:  $30\text{cm}$ . Bê tông Mác 350 có:  $E=3,1 \cdot 10^9 \text{ (kG/m}^2\text{)}$ . Ngôi nhà xây dựng trong vùng gió II.B có:  $q_0=95 \text{ kG/m}^2$ .

#### 3.4.2. Các trường hợp phân tích

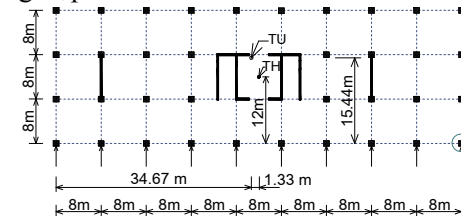
Trường hợp 1: Hệ khung



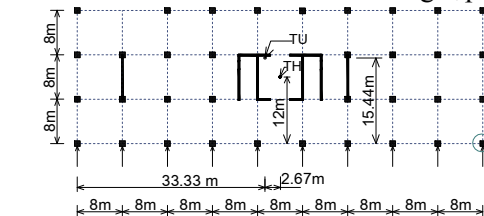
Trường hợp 2A: Khung-vách



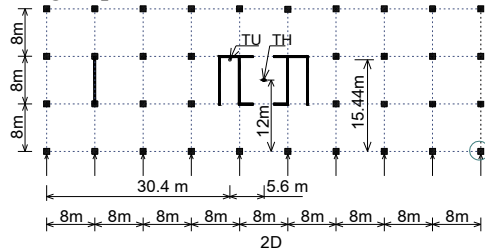
Trường hợp 2B



Trường hợp 2C.

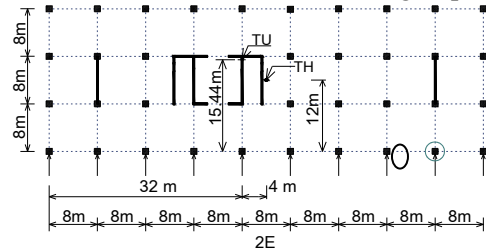


Trường hợp 2D



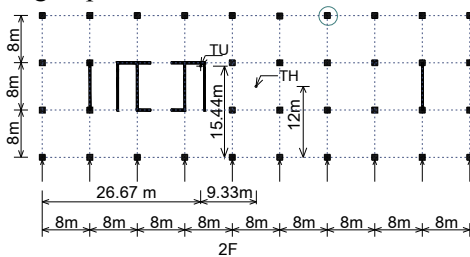
$$f_x=0,911\text{cm}, f_y=13,3\text{ cm}, \theta=0,003088\text{ rad}$$

Trường hợp 2E



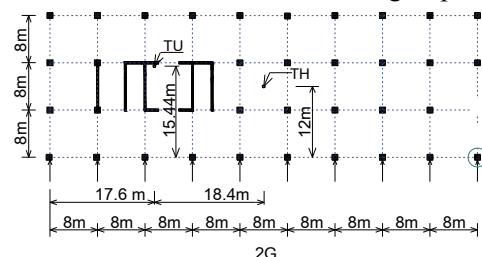
$$f_x=0,239\text{cm}, f_y=9,05\text{ cm}, \theta=0,00203\text{rad}$$

Trường hợp 2F



$$f_x=0,4695\text{cm}, f_y=10,54\text{ cm}, \theta=0,00267\text{ rad}$$

Trường hợp 2G.



$$f_x=1,705\text{cm}, f_y=18,07\text{cm}, \theta=0,0046\text{ rad}$$

Bảng 1- Tổng hợp kết quả phân tích:

Trường hợp	c (m)	$B_{\omega}$ (kG.m <sup>4</sup> )	$f_x$ (cm)	$f_y$ (cm)	f (cm)	$\theta$ (rad)
1	0	-	0,0078	20,07	20,07	0,0010
2A	0	$635.10^{11}$	0,016	6,07	6,07	0,00122
2B	1,13	$488.10^{11}$	0,2603	8,60	8,60	0,0016
2C	2,67	$381.10^{11}$	0,5451	11,60	11,61	0,00308
2D	5,60	$628.10^{11}$	0,9113	13,30	13,33	0,003088
2E	4,00	$670.10^{11}$	0,2395	9,05	9,05	0,002030
2F	9,93	$765.10^{11}$	0,4695	10,54	10,55	0,00267
2G	18,4	$210.10^{11}$	1,7048	18,07	18,15	0,0046

Với

- c: khoảng cách từ tâm uốn đến tâm hình học theo phương X.
- $B_{\omega}$ : độ cứng chống xoắn, xác định theo công thức (2)
- TU: tâm uốn; TH: tâm hình học

### 3.4.3. Nhận xét

- Hệ khung-vách bố trí đối xứng như 2A có khả năng chịu tải trọng ngang lớn hơn nhiều so với hệ thuần khung ở trường hợp 1.

- Trường hợp 2E có khoảng cách từ tâm uốn đến tâm hình học ( $c=4.00\text{m}$ ) lớn hơn trường hợp 2C ( $c=2.67\text{m}$ ) nhưng chuyển vị đỉnh nhỏ hơn. Sở dĩ như vậy là do với cách bố trí vách cứng ở trường hợp 2E công trình có độ cứng chống xoắn ( $B_{\omega}=670.10^{11}$ ) lớn hơn trường hợp 2C ( $B_{\omega}=381.10^{11}$ ) nên chuyển vị xoay ở 2E nhỏ hơn 2C. Qua đó càng khẳng

định góc xoắn tỉ lệ thuận với khoảng cách giữa tâm uốn và tâm hình học và tỉ lệ nghịch với độ cứng chống xoắn của công trình.

- Chuyển vị thẳng tăng tỉ lệ thuận với chuyển vị xoay.

Bảng 2- Mối liên hệ giữa chuyển vị thẳng và chuyển vị xoay của các hệ khung-vách

Trường hợp	2A	2B	2E	2F	2C	2D	2G
$\theta$ (rad)	0,00122	0,0016	0,00203	0,002665	0,00308	0,003088	0,0046
f (cm)	6,1	8,60	9,05	10,55	11,61	13,3	18,15

Khi chuyển vị xoay tăng thì công trình chịu xoắn nhiều và chuyển vị thẳng tăng. Qua đó có thể thấy hiện tượng xoắn ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị, ổn định công trình. Với cùng số lượng vách cứng (2A, 2E, 2B, 2F, 2C) thì chuyển vị đỉnh ở trường hợp 2A là nhỏ nhất.

#### 4. KẾT LUẬN

- Hệ khung-vách kết hợp có khả năng chịu tải trọng ngang lớn.  
- Việc đánh giá đúng tương tác khung-vách có thể làm cho việc thiết kế kinh tế hơn.

- Khi thiết kế công trình dạng khung-vách cần đặc biệt chú ý đến việc bố trí vách cứng trên mặt bằng nhằm giảm ảnh hưởng của hiện tượng xoắn đến sự làm việc của công trình. Nguyên tắc bố trí:

+ Hệ thống vách cứng và giải pháp mặt bằng kiến trúc cần được kết hợp chặt chẽ và hợp lí. Hệ thống các vách cứng cần được bố trí đều trên mặt bằng ngôi nhà, không nên lệch về một phía, bố trí đối xứng cả về độ cứng và hình học.

+ Bố trí mặt bằng ngôi nhà được xem là tối ưu khi đường tác động của tổng hợp lực gió đi qua tâm uốn ngôi nhà tại tầng đang xét. Những ngôi nhà có mặt bằng không đối xứng các điều kiện trên thường không thoả mãn, nên cần bố trí hệ thống vách cứng sao cho khoảng cách giữa tâm uốn và tâm hình học ngôi nhà là nhỏ nhất, đồng thời có độ cứng chống xoắn lớn nhất.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Thế Phong, Lý Trần Cường, Trịnh Kim Đạm, Nguyễn Lê Ninh, *Kết cấu bê tông cốt thép (Phần kết cấu nhà cửa)*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật (2005).
- [2] Nguyễn Văn Hùng, Ninh Đức Thuận, *Đánh giá sự làm việc đồng thời của sàn và lõi cứng trong nhà nhiều tầng khi chịu tải trọng ngang qua việc xét chuyển vị xoay  $\theta$* , Tạp chí Xây dựng số 2/2006.
- [3] B.B Khansi, *Tính toán và thiết kế nhà khung bê tông cốt thép nhiều tầng*, bản dịch tiếng Việt, Nhà xuất bản Xây dựng (1984)
- [4] Munich Re Group, *High- Rise Buildings*, [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com).
- [5] NaveedAnWar- Asiancenter for Engineer Computations and Software-ACECOMS-AIT-Thailand, *ShearWall Frame*.
- [6] *Sap 2000* Version 9.03-Non linear.